Beobachtungen an einer Hautstelle mit dissoziierter Empfindungslähmung.

INAUGURAL-DISSERTATION

verfaßt und der

Hohen medizinischen Fakultät

der

Kgl. Bayer. Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der Doktorwürde

vorgelegt von

Dr. phil. **Friedrich Hacker**
aus Reichenhall.

München.
Druck von R. Oldenbourg.
1913.

Beobachtungen an einer Hautstelle mit dissoziierter Empfindungslähmung.

INAUGURAL-DISSERTATION

verfaßt und der

Hohen medizinischen Fakultät

der

Kgl. Bayer. Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der Doktorwürde

vorgelegt von

Dr. phil. **Friedrich Hacker**
aus Reichenhall.

ACAD.
LUGD.BAT.
BIBL.

München.
Druck von R. Oldenbourg.
1913.

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät
der Universität Würzburg.

Referent: Herr Prof. Dr. von Frey.

Inhaltsübersicht.

Einleitung 5
Der Schmerzsinn 7
Der Temperatursinn 13
Der Drucksinn 27
Zusammenfassung 36

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549801_0145

In der letzten Zeit sind unsere Kenntnisse auf dem Gebiet der Sinnesphysiologie der Haut sehr gefördert und bereichert worden durch die Arbeiten englischer Forscher, welche die bisher gewonnenen Erfahrungen über die Sinnesfunktionen der normalen menschlichen Haut in der Weise ergänzten und erweiterten, daß sie an sich selbst Hautnerven durchschnitten und hierauf die Ausfallserscheinungen in den Hautempfindungen und ihre allmähliche Wiederherstellung studierten.

Die Folgen von Verletzungen peripherer Nerven hatten Head[1]) und sein Mitarbeiter Sherren schon früher an einer großen Zahl von Fällen eingehend untersucht. Head erkannte aber, daß das Studium der Erscheinungen nach einer Nervenverletzung weit fruchtbarer sich gestalten ließe, wenn dasselbe von einem mit den sinnesphysiologischen Methoden vertrauten und in der Selbstbeobachtung geschulten Forscher an sich selbst angestellt werden könnte. Denn es ist nur bei großer Übung möglich, z. B. Unterschiedsschwellen zu beobachten oder, worauf es

1) H. Head and J. Sherren, The consequences of injury to the peripheral nerves in man. Brain 28, 1905.

bei Feststellungen von Ausfallserscheinungen besonders ankommt, die Grenze der Ebenmerklichkeit soweit als möglich herabzusetzen. Eine solche Übung kann man aber bei Patienten, die wegen Verletzung peripherer Nerven in die Klinik kommen, nicht erwarten. Viele Fragen, namentlich über die Art der Wiederherstellung der Sinnesfunktionen der Haut, lassen sich bei klinischen Patienten überhaupt nicht untersuchen; denn dieselben bleiben ja nur in der Behandlung, bis die grobe Verletzung geheilt ist, nicht aber bis alle Empfindungen zu ihrem normalen Verhalten zurückgekehrt sind, was, wie wir von Head wissen, zum Teil Jahre beansprucht.

Aus diesen Gründen hat sich Head[1]) entschlossen, im Jahre 1903 an sich selbst Hautnerven durchschneiden zu lassen, und zwar den Ramus superficialis des Nervus radialis an der Stelle, wo er vom Nervus radialis abzweigt, sowie den Nervus cutaneus antibrachii lateralis an seiner Durchtrittsstelle durch die Fascie. Ein Stückchen dieser Nerven wurde exzidiert und die Nervenenden sofort durch Naht wieder vereint. Bis zum Jahre 1908 hat dann Head aufs sorgfältigste den Verlust der verschiedenen Sinnesqualitäten und die Art und Weise ihrer Wiederherstellung studiert und methodisch untersucht.

Um den von Head gezeigten Weg der Forschung weiterzuführen, haben zwei andere englische Forscher, Trotter und Davies[2]), sich die Aufgabe gestellt, wiederum an sich selbst Hautnerven zu durchschneiden und ihre Erfahrungen zur Kritik und Erweiterung der bisherigen Ergebnisse zu verwerten. Man kann sagen, daß sie ihrer Aufgabe durch ihre sorgfältigen Untersuchungen und die klare, kritische Bewertung derselben in hohem Maße gerecht geworden sind. Sie haben der Reihe nach 7 Hautnerven in Zeitabständen von 4 Wochen bis zu 7 Monaten sich gegenseitig durchschnitten und die Sinnesempfindungen in den

---

1) W. Rivers and H. Head, A human experiment in nerve division. Brain 1908, Vol. 31.

2) W. Trotter and H. Davies, Experimental studies in the innervation of the skin. Journal of Physiology 1909, Vol. 38.

pathologisch veränderten Gebieten im wesentlichen mit den gleichen Methoden wie Head untersucht. Ihre Resultate ergaben zum Teil eine Bestätigung der Befunde Heads, zum Teil Anhaltspunkte für eine Kritik seiner Lehre von der protopathischen und epikritischen Sensibilität.

Gerade hinsichtlich dieser Theorie von Head sowie in der Frage nach der Physiologie der tiefen Sensibilität gibt es noch vieles, was einer weiteren Untersuchung und Klarstellung bedarf. Die nachstehend beschriebenen Versuche, die ich auf Anregung und unter Beihilfe des Herrn Professor v. Frey unternahm, sollen einen Beitrag zu diesen Fragen liefern. Die nähere Veranlassung hiezu war dadurch gegeben, daß ich selbst an meinem Körper eine Hautstelle besitze, die sich durch den Verlust mehrerer Empfindungsqualitäten auszeichnet. Diese Stelle von etwa 3 qcm Fläche befindet sich im oberen Drittel des rechten Oberschenkels in der Mitte der Streckseite desselben. Sie verdankt ihre Entstehung einem Sturz bei einer Skifahrt im Frühjahr 1911, wobei ich mich überschlug und die Eisenspitze meines Bergstocks einige Zentimeter tief ins Fleisch eindrang. Die Wunde heilte im Verlauf einiger Wochen, ebenso nach der Inzision ein Senkungsabszeß, der sich in einer Entfernung von 10 cm gebildet hatte.

Die narbig veränderte Haut erscheint da, wo die Wunde war, glatt, haarlos und glänzend, nur an einer kleinen Stelle in der Mitte etwas erhaben. Die Epidermis ist nicht verdickt; das gestörte Empfindungsgebiet überschreitet um 2—3 mm die Grenze der narbig veränderten Hautpartie. Im folgenden werden nun die dieser Hautstelle eigentümlichen Empfindungen der Reihe nach kurz besprochen.

Der Schmerzsinn.

Das in Fig. 1 in natürlicher Größe dargestellte Hautgebiet ist mit Ausnahme der drei darauf angegebenen Punkte für Stichreize völlig unempfindlich. Die Grenzen für die Analgesie fallen übrigens zusammen mit den Grenzen für die Hypästhesien bzw. Anästhesien der übrigen Sinnesqualitäten.

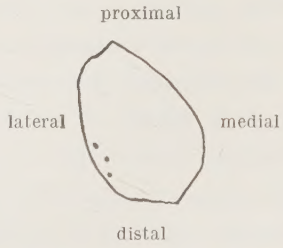

Fig. 1. Anästhetisches Gebiet mit drei Schmerzpunkten.

Als Erregungsmittel diente ein Stahldraht (Fig. 2), dessen auf die Haut zu setzendes Ende nadelartig zugeschärft war, während das andere Ende gegen eine Spiralfeder drückte, die in einer Hülse eingeschlossen war. An einer Millimeterteilung konnte der Grad der Zusammendrückung der Feder abgelesen werden; die dazu nötigen Kräfte wurden durch Eichung ermittelt.

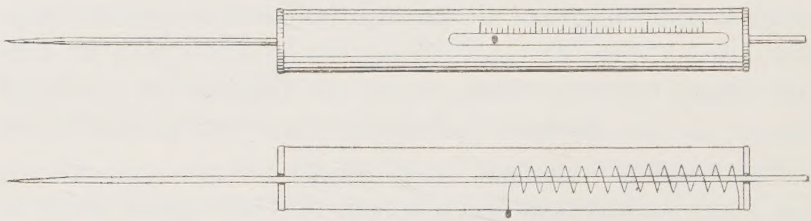

Fig. 2. Spiralfederdynamometer zur Bestimmung der Schmerzschwellen für Stichreize. 1 Strich der Teilung = 0,5 g. $^3/_4$ Naturgröße.

Um den ausgeübten Reiz nicht nur nach seiner Kraft sondern auch nach seinem hydrostatischen Druck- bzw. Spannungswert beurteilen zu können, war die Spitze der Nadel zu einer Fläche von 0,008 qmm abgeschliffen.

Mit diesem Instrumente fand ich die Schmerzschwelle auf der normalen Haut bei einer Belastung von 1,5 g. Auf der gelähmten Stelle ist dieser Reiz ganz wirkungslos. Eine Belastung von 15 g, die auf der normalen Haut schon recht starke Stichschmerzen erzeugt, ruft hier nur die Empfindung eines Druckes

hervor. Dieser Druck ist jedoch nicht so wie eine Berührungsempfindung, die bei Reizung eines einzelnen Druckpunktes entsteht, sondern diffus und etwa so, wie wenn die ganze Fläche eine eindringende Deformation erleiden würde.

Wenn Alrutz[1]) die Frage aufwirft, ob die Analgesie für Stichreize darin besteht, daß Stichempfindungen nicht unlustbetont sind, oder darin, daß die Empfindungen selbst fortfallen und damit die Unlust, und sich dann für die zweite Möglichkeit ausspricht, so kann ich in meinen Beobachtungen eine Bestätigung seiner Ansicht sehen. Es zeigt sich außerordentlich deutlich, daß bis zu einer gewissen Stärke der Belastung nicht nur keine unlustbetonte Stichempfindung entsteht, sondern daß überhaupt gar keine Empfindung auftritt, bei höherer Belastung aber nur die stichfreie Druckempfindung.

Die drei in Fig. 1 eingezeichneten Punkte reagieren dagegen schon bei ganz leichtem Aufdrücken der Nadel, bei einem Druck von 1,5—2 g mit deutlicher, schmerzhafter Stichempfindung, die identisch ist mit der auf normaler Haut. Da Goldscheider[2]) bekanntlich die Ansicht vertritt, daß es keine besonderen Schmerznerven gibt, sondern die Drucknerven bei stärkerer Reizung die Schmerzempfindung hervorzurufen vermögen, so sei hier schon erwähnt, daß die drei Schmerzpunkte keineswegs hinsichtlich ihrer Druckempfindlichkeit bevorzugt sind gegenüber anderen Punkten der gelähmten Stelle. Die Berührung mit einem v. Freyschen Reizhaar, das einen Spannungswert von 10 g/mm besitzt, wird hier ebensowenig empfunden, wie an einem anderen Punkt dieser Hautstelle, während die Berührung mit demselben auf anderen normalen Hautgebieten überall sehr deutlich wahrgenommen wird. Daraus geht hervor, daß an diesen drei Punkten zwar die normale Schmerzempfindlichkeit, aber nicht die normale Druckempfindlichkeit besteht, und daß somit diese beiden Empfindungsarten nicht durch die gleichen nervösen Apparate vermittelt werden.

1) S. Alrutz, Die verschiedenen Schmerzqualitäten. Skandinav. Arch. f. Physiol. 1908, Bd. 21, S. 264.

2) A. Goldscheider, Gesammelte Abhandlungen I, 1898, S. 199.

Außer der stechenden Schmerzempfindung haben wir, wie Thunberg[1]) besonders betont hat, noch eine zweite Art von Schmerzempfindung, die sich von der ersten nicht nur unterscheidet durch die Dauer, die Art ihres Einsetzens und Wirkens, sondern die auch qualitativ verschieden ist von ersterer, nämlich den sog. dumpfen Schmerz. Während der stechende Schmerz durch oberflächlich wirkende Reize ausgelöst wird, scheint der dumpfe Schmerz in den tieferen Schichten der Haut seinen Ursprung zu haben, denn er entsteht, wenn man eine in die Höhe gehobene Hautfalte in der Mitte drückt, während an der Umbiegungsstelle und bei sehr kleinen Hautfalten immer nur der stechende Schmerz auftritt. Daß diese Unterscheidung von zwei Schmerzqualitäten ebenso wie für die mechanische auch für die chemische und thermische Reizung durchführbar und berechtigt ist, hat Alrutz[2]) gezeigt.

Auch die Untersuchung meiner eigenen gestörten Hautstelle ergab deutlich die Notwendigkeit der Unterscheidung dieser beiden verschiedenen Schmerzqualitäten. Während für Stichschmerzen, abgesehen von den drei Punkten, vollständige Analgesie besteht, läßt sich der dumpfe, »weh«artige Schmerz leicht auslösen, und zwar ebenso durch mechanische wie durch elektrische Reize. Dabei machte sich dasselbe charakteristische Verhalten geltend, das auch Head[3]) beobachtet hatte, daß die Schwelle für die unlustvolle, diffuse Schmerzempfindung auf dem pathologisch veränderten Gebiet tiefer liegt als auf der normalen Haut. Das Erheben einer Falte, auf die ein mäßiger Druck ausgeübt wird — ein Eingriff, der auf der normalen Haut nicht die geringste Schmerzempfindung erzeugt —, ruft auf der gestörten Stelle die Empfindung eines ausgebreiteten, dumpfen Schmerzes hervor, der von lebhaftem Unlustgefühl begleitet ist, das lange nachwirkt und im Gedächtnis haften bleibt. Schon die bloße Vorstellung

1) T. Thunberg, Untersuchungen über die bei einem einzelnen momentanen Hautreiz auftretenden zwei stechenden Empfindungen. Skand. Arch. f. Physiol. 1901, Bd. 12, S. 401.

2) l. c.

3) Brain 31, S. 47.

von dem Aufheben dieser Falte ist sehr unlustbetont, obgleich doch der Schmerz kein starker ist.

Ein Dynamometer (ähnlich dem oben beschriebenen, aber mit stärkerer Feder), dessen Stahldraht mit einer Scheibe von 5 qmm Fläche endigt, ruft bei Belastung mit 80 g eine deutliche dumpfe Schmerzempfindung hervor, während derselbe Reiz auf der normalen Haut nur eine diffuse jedoch nicht schmerzhafte Druckempfindung erzeugt. Ich suchte nun zu bestimmen bei welchem Gewicht und bei welcher Fläche dieser Schmerz eben entsteht. Eine mit 40 g belastete Nadel, deren Spitze zu einer Fläche von 0,0013 qmm abgeschliffen war, rief auf der gelähmten Stelle eine ganz leichte diffuse aber nicht schmerzhafte Druckempfindung hervor, auf der normalen Haut dagegen eine lebhafte zirkumskripte Stichempfindung. Wurde diese Nadel mit einer anderen, dickeren vertauscht, deren Spitze auf 0,9 qmm abgeschliffen war, so rief das gleiche Gewicht von 40 g auf der gelähmten Stelle eine dumpfe, unangenehme Schmerzempfindung hervor. Kleinere Gewichte als 40 g erzeugten nur eine diffuse Druckempfindung. Um mit der Nadel von 0,0013 qmm Fläche den gleichen dumpfen Schmerz zu erzeugen wie mit der Nadel von 0,9 qmm, war nicht ein Gewicht von 40 sondern von 120 g nötig. Das Schwellengewicht wächst demnach mit abnehmender Wirkungsfläche, während für den stechenden Schmerz der normalen Haut Kraft und Fläche in einem annähernd konstanten Verhältnis stehen müssen[1]). Das widersprechende Verhalten der gelähmten Haut ist wohl nur so zu verstehen, daß der dumpfe Schmerz eine Funktion tiefliegender Nerven ist. Beachtenswert ist, daß mit der gleichen Nadel von der Fläche 0,0013 qmm ein ganz ähnlicher Schmerz, ein tiefer unangenehmer Druckschmerz, auch auf der normalen Haut hervorgerufen werden kann, wenn man die Epidermis durchdringt und, nachdem der kurze Stichschmerz vorüber ist, ein Gewicht von 120—160 g wirken läßt. Daraus dürfte hervorgehen, daß der dumpfe Druckschmerz, der auf der gelähmten Hautstelle ausgelöst wird, nur hinsichtlich

1) v. Frey, Abhandlungen der Ges. d. Wiss. Leipzig 1896, Bd. 23, S. 246.

seiner tieferen Schwelle verschieden ist von dem dumpfen Schmerz, der auch auf der normalen Haut ausgelöst werden kann. Es ist also dieser diffuse, unlustvolle Schmerz, der auf dem pathologisch veränderten Hautgebiet verhältnismäßig leicht auftritt, nicht für ein besonderes Nervensystem, »das protopathische«, charakteristisch, das nach H e a d s Theorie die gestörte Hautfläche zuerst innervieren soll, bis schließlich das feiner differenzierte »epikritische« Nervensystem wieder in Funktion tritt. Ich werde darauf bei Besprechung des Temperatursinnes noch etwas einzugehen haben.

In bezug auf den Temperaturschmerz stehen mir folgende Erfahrungen zu Gebote. Extreme Temperaturreize ergaben keine Schmerzempfindungen. Eine kleine, mit Eis gefüllte Messinghülse rief keine Kälte- und auch keine Schmerzempfindung hervor. Ein Blixsches Heizrohr mit abgestumpfter Spitze (Fläche 21 qmm) erzeugte, wenn Wasser von 60° durch sie geleitet wurde, auf der gelähmten Stelle diffuse Wärmeempfindung; sobald jedoch einer der drei Schmerzpunkte berührt wurde, trat sofort heftig stechende Schmerzempfindung auf. Diese Tatsache entspricht völlig der Annahme von der Analgesie der Wärmepunkte und der getrennten Aufnahmeapparate von Wärme und Schmerzempfindung. Daß bei diesen Temperaturen nicht auch der dumpfe Schmerz auftrat, dürfte daran liegen, daß bei der kleinflächigen Reizung die extremen Temperaturen nicht tief genug in die Haut eindringen. Dagegen konnte ich bei später zu erwähnenden Versuchen mit Thunbergschen Reizlamellen auch das Auftreten des dumpfen Schmerzes beobachten. Waren die Lamellen auf 100° erhitzt, so wurde auf der normalen Haut bei den dünnen Lamellen ein brennend heißer, stechender Schmerz empfunden, bei den dickeren ein brennend dumpfer, der in diese beiden Komponenten des oberflächlich stechenden und des tiefen dumpfen Schmerzes zerlegt werden konnte. Auf der gestörten Hautstelle war nur der dumpfe Schmerz wahrzunehmen, da eben das Brennende und Stechende als Erregungserfolg der oberflächlichen Schmerzpunkte fehlt, und nur der aus der Tiefe kommende dumpfe Schmerz auftritt.

Auch die elektrische Schmerzerregung zeigte wieder deutlich den Unterschied von stechendem und dumpfem Schmerz. Wurde in einem Stromkreis von zwölf kleinen galvanischen Elementen die indifferente Elektrode als Anode am Arm befestigt und mit einem Pinsel, der sich an einer mit Zinksulfat gefüllten Glasröhre befand, die normale Haut gereizt, so trat bei Schließung des Stromes eine ebenmerkliche Stichempfindung auf, zu der sich bei einer Zahl von 30 Elementen noch eine tiefer dringende unangenehme bohrende Empfindung hinzugesellte. Der stechende Schmerz war dabei heftig und auch brennend. Auf der gelähmten Stelle war bei zwölf Elementen Berührung mit dem Pinsel erfolglos, bei 30 Elementen aber war eine in die Tiefe gehende, zuckende Empfindung zu spüren, die einige Zentimeter noch lateral lokalisiert wurde, und zugleich eine Empfindung von dumpfem Druckschmerz und Wundsein an der Stelle, wo der Pinsel die Haut berührte; jedoch war sie viel diffuser als der genau lokalisierbare brennende Schmerz auf der normalen Haut.

Nicht ganz so deutlich war der Unterschied bei faradischer Reizung zu erkennen. Bei einem Rollenabstand von 7 cm gab der Pinsel an den drei Schmerzpunkten Stichempfindungen ebenso wie an der normalen Haut, während die übrigen Partien der gelähmten Stelle keine Empfindungsreaktion zeigten. Bei einem Rollenabstand von 5,5 cm traten auf der normalen Haut heftige, beißende Schmerzen auf und in ähnlicher Weise auf der gelähmten Stelle, was sich aus der hohen Stromdichte in der Umgebung der gelähmten Stelle leicht verstehen läßt. Stechenden Charakter hatte der Strom nur an den oben erwähnten Schmerzpunkten.

Der Temperatursinn.

Das Bild, das die Temperaturreizung liefert, ist ein sehr eindeutiges. Kältepunkte fehlen vollständig, Wärmepunkte sind dagegen verhältnismäßig zahlreich vorhanden. Temperaturen, die unter 33° waren, bis zu 0°, ergaben keine Kälteempfindung, Bestreichen der Fläche mit Äther, das sonst auf der Haut eine so starke Kälteempfindung erzeugt, blieb ohne jede Wirkung. Es ist dieses absolute Fehlen jeglicher Kälteempfindung um so auf-

fallender, als die Wärmeempfindung so gut wie auf der normalen Haut entwickelt ist. Bei H e a d zeigte sich in den Gebieten der verletzten Nerven ein geradezu entgegengesetztes Verhalten, nämlich ein Überwiegen des Kältesinnes, ebenso bei T r o t t e r und D a v i e s.

Das Aufsuchen der Wärmepunkte geschah mit einer Schlinge aus feinem Platindraht, durch die ein Strom von 0,9—1,1 Amp. geschickt wurde. Die dadurch erzielte Temperatur des Drahtes wurde auf der normalen Haut als warm, aber nicht als brennend empfunden. Wurde die Spitze der Schlinge über die in Fig. 3 eingezeichneten Wärmepunkte der gelähmten Stelle geführt, so war dabei das Anschwellen der Wärmeempfindung bei Annäherung an die Wärmepunkte deutlich zu konstatieren im Gegensatz zu dem zirkumskripten Aufblitzen der (paradoxen) Kälteempfindung bei Berührung eines Kältepunktes der umgebenden normalen Haut. Das Aufsuchen der Wärmepunkte, das wegen der tieferen Lage derselben[1]) nicht besonders leicht ist, gelingt mit dieser Versuchsanordnung weit sicherer als mit dem Blixschen Heizrohr. Dagegen ist zur Beobachtung der wechselnden Stärke der Wärmeempfindung bei verschieden hohen Temperaturen letzteres Instrument schon deshalb überlegen, weil es die Reiztemperatur an seinem Thermometer ablesen läßt. Außerdem kann es leicht mit einer größeren Reizfläche ausgestattet werden, wodurch die Unterscheidung kleiner Temperaturschritte erleichtert wird. Ich benutzte ein Heizrohr mit einer Reizfläche von 5 mm Durchmesser. Obwohl Unterschiede in der Stärke der Wärmeempfindung gut wahrgenommen wurden, trat auf der gestörten Stelle nie eine Empfindung der Hitze auf. Die Hitzeempfindung ist nach der

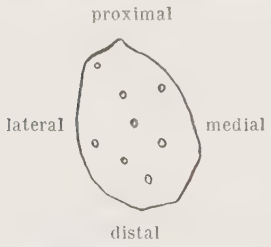

Fig. 3. Meine anästhetische Stelle mit den acht in ihr vorhandenen Wärmepunkten.

1) T. T h u n b e r g, Untersuchungen über die relative Tiefenlage der kälte-, wärme- und schmerzperzipierenden Nervenenden in der Haut und über das Verhältnis der Kältenervenenden gegenüber Wärmereizen. Skand. Arch. f. Physiol. 1901, Bd. 11, S. 382.

Ansicht von Alrutz[1]) nicht eine einfache Steigerung der Wärmeempfindung, sondern eine selbständige, neue Empfindung, die ihre Entstehung und die Eigenart ihres Charakters der gleichzeitigen Reizung von Wärme- und Kältepunkten verdankt. Die Kältepunkte werden dabei von den höheren Wärmereizen erregt, was zur Entstehung der paradoxen Kälteempfindung führt. Das Vorhandensein der paradoxen Kälteempfindung wird wohl von allen Forschern anerkannt, ich konnte sie bei Temperaturen von 45° auf der normalen Haut deutlich wahrnehmen. Diese Ansicht von Alrutz, der die Hitzeempfindung als eine eigene unanalysierbare Empfindung betrachtet, wird von anderen Autoren bestritten. Goldscheider[2]) will in der Hitzeempfindung nichts anderes sehen als einen höheren Grad der Wärmeempfindung, welcher schwache Erregungen der sensiblen Hautnerven beigesellt sind. Das Hinzukommen der Kälteempfindung zur Wärme- bzw. Hitzeempfindung verstärke nur den Gesamteindruck der Temperaturempfindung. Er unterscheidet dann von der Hitzeempfindung die Empfindung des Brennens, bei welcher sich mit der Wärme noch eine schmerzhafte Erregung der Hautnerven vermischt. Nach Thunberg[3]) ist die Hitzeempfindung eine intensivere Reizung der Wärmenerven, die allerdings mit einer Erregung der paradoxen Kälteempfindung verbunden ist, so daß ihr dadurch ein eigentümliches Gepräge verliehen wird, doch so, daß die Kälteempfindung aus dem ganzen Empfindungsgemisch herausanalysiert werden kann.

Ich konnte zunächst bei der Untersuchung der gelähmten Hautstelle feststellen, daß ich eine brennende bzw. stechende Empfindung mit Temperaturen von 50° sofort hervorrufen konnte, wenn ich mit der Messinghülse die Schmerzpunkte berührte. An allen anderen Punkten dagegen konnte ich bei Temperaturen von 45° und höheren, selbst bis zu 65° nicht im geringsten eine Hitzeempfindung erzeugen und auch keine Empfindung des Brennens

1) Studien auf dem Gebiet der Temperatursinne. II. Die Hitzeempfindung. Skand. Arch. f. Physiol. 1901, Bd. 10.

2) Zeitschr. f. klin. Med., Bd. 75, S. 9.

3) Skand. Arch. f. Physiol. 1901, Bd. 11, S. 415.

wie auf anderen, normalen Hautstellen. Das würde dem Beweise von Alrutz für die Besonderheit der Hitzeempfindung entsprechen, den er darin sieht, daß auf Hautstellen, an denen Kältepunkte fehlen, durch Wärmereize, wie stark sie auch sein mögen, keine Hitzeempfindung, sondern immer nur Wärme und Schmerzempfindung hervorgebracht werden können. Diese Beobachtung machte ich auch mit den Thunbergschen[1]) Reizlamellen. Dieselben wurden auf dem Wasserbad auf 100° erwärmt und auf die gestörte und zum Vergleich auf die normale Haut der Umgebung aufgesetzt.

Stärke der Lamellen	
normal	abnormal	
4		zuerst warm, dann sofort stechender Schmerz, der auch bohrend in die Tiefe dringt
	4	warm
	6	warm
	8	warm und geringer dumpfer Schmerz
	10	warm und starker tiefer (dumpfer) Schmerz
20		brennender und dumpfer Schmerz
	22	starker dumpfer Schmerz, keine Wärme

Der Schmerz bei 22 auf der abnormalen Stelle ist ganz ähnlich dem bei 20 auf der normalen Haut, nur fehlt ihm der stechende, beißende Anteil, der hier außer dem dumpfen Schmerz noch vorhanden ist und ihn gewissermaßen als heller erscheinen läßt. Eine der Hitze ähnliche Empfindung ist auf der gestörten Stelle auf gar keine Weise auszulösen, und es scheint mir doch die Ansicht recht zu haben, welche für die Hitzeempfindung ein Miterregtwerden der Kältenerven als notwendig annimmt. Dagegen halte ich es für möglich, in der Hitzeempfindung den Kälteanteil herauszuerkennen, und es erscheint mir daher nicht zulässig, die Hitzeempfindung als eine einfache und unanalysierbare Empfindung zu bezeichnen. Jedenfalls ist die Hitzeempfindung durch die Mitbeteiligung der Kälteempfindung charakterisiert. Sie ist nicht einfach dadurch von der Empfindung des Brennenden unterschieden, daß bei ihr die Mitbeteiligung der Schmerznerven eine geringere ist.

1) l. c. Skand. Arch. f. Physiol. 1901, Bd. 11, S. 386.

Ich habe mich trotz vielfacher Versuche nicht davon überzeugen können, daß es eine Erregung der Wärmepunkte durch Kältereize mäßigen Grades, eine sog. paradoxe Wärmeempfindung, gibt. Es machte zwar die Berührung der gelähmten Stelle mit einem Messingstab von 1,1 qcm Fläche von Zimmertemperatur den Eindruck der Wärme, während sie auf der normalen Haut als kalt empfunden wurde, doch kommt hierbei, soweit die Wirkung des Kontrastes gegenüber der Kälteempfindung auf der normalen Haut ausgeschaltet werden kann, die mechanische Erregung der Wärmepunkte in Betracht. Die vorsichtige Berührung eines Wärmepunktes mit einem dünnen Metallstab von Zimmertemperatur ergab nämlich auf der gelähmten Stelle keine Temperaturempfindung, ebensowenig wie auf den Wärmepunkten der normalen Haut, während die Kältepunkte derselben deutlich mit kalt reagierten.

Da indes Täuschungen bei der Beobachtung von schwachen, an der Schwelle liegenden Wärmeempfindungen außerordentlich leicht möglich sind, so erschienen genaue und zahlreichere Versuche hierüber wünschenswert. Zudem ist in letzter Zeit von verschiedener Seite das Vorhandensein der paradoxen Wärmeempfindung angenommen worden. Goldscheider[1]) und ebenso Rubin[2]) konnten bei schwachen Kältereizen Wärmeempfindungen auslösen. Da ich es nach meinen Erfahrungen für möglich hielt, daß hierbei die mechanische Reizung die eigentliche Rolle spielt und nicht die thermische, und da meine nur mit Wärmepunkten ausgestattete Hautstelle eine gute Gelegenheit zur Untersuchung der paradoxen Wärmeempfindung bot, so machte ich eine Reihe diesbezüglicher Versuche. Aus denselben geht hervor, daß nicht der Kältereiz sondern der dabei mitwirkende mechanische Reiz die Wärmeempfindung auslöst.

Zunächst bestrich ich mit einem feinen Pinsel, der in Wasser von 30—15° getaucht war, die gestörte Hautstelle und ebenso

1) Zeitschr. f. klin. Med., Bd. 75, S. 4.

2) E. Rubin, Beobachtungen über Temperaturempfindungen. Zeitschrift f. Psych. u. Phys. d. Sinnesorgane 1911, Bd. 46, II. Abt.

eine kleine, von Kältepunkten freie, aber mit Wärmepunkten ausgerüstete Partie meines Handrückens. Eine Temperaturempfindung hatte ich weder auf der einen noch auf der anderen Stelle. Dagegen rief das Aufsetzen des Blixschen Heizrohres mit einer Fläche von 0,5 cm Durchmesser Wärmeempfindung hervor, die bei den verschiedensten unter 33° gelegenen Temperaturen des durchfließenden Wassers in ihrer Intensität konstant blieb und erst bei Temperaturen über 33° eine Steigerung erfuhr. Daß diese Wärmeempfindung bei niedereren Temperaturen auf mechanischer Reizung beruht, geht daraus hervor, daß ein durch Aufkleben von Heftpflaster thermisch indifferent gemachtes Messingplättchen von der gleichen Fläche wie das Heizrohr auf die Wärmenerven erregend wirkte, wenn es mit 6—10 g belastet wurde.

Bei der Bestimmung des Schwellenwertes für die mechanische Erregung der Wärmepunkte ist vor allem die Abhängigkeit von dem Ort der Reizung und der Fläche des Reizmittels bemerkenswert. Ich hatte auf meinem linken Handrücken eine Stelle aufgefunden, die, wie Fig. 4 zeigt, in einer gewissen Ausdehnung

Fig. 4. Fläche meines linken Handrückens von 2,6 qcm, in welcher die Kältepunkte • und die Wärmepunkte ○ bestimmt worden sind.

frei von Kältepunkten ist. Sie ist hier aufgezeichnet als Beitrag für die unregelmäßige Verteilung der Temperaturpunkte, auf die v. Frey[1]) aufmerksam machte. Auf dieser Stelle betrug die Schwelle für die mechanische Wärmeerregung 9 g bei einer Fläche von 50 qmm und 6 g bei einer Fläche von 12,5 qmm. Auf der normalen Haut des Oberschenkels und auf der gestörten Stelle lag die Schwelle für die letztere Reizfläche höher und wechselnd zwischen 9 und 15 g. Diese Schwellenbestimmungen wurden unwissentlich ausgeführt mit Herrn Professor v. Frey als Versuchsleiter. Zur Reizung diente eine Nadel, die in einem Halter leicht verschieblich war und an ihrem unteren Ende ein Kork-

1) Vorlesungen über Physiologie. 2. Aufl. 1911. S. 297.

plättchen von der gewünschten Größe trug, während am oberen Ende eine Schale zur Aufnahme der Gewichte angebracht war.

Als ein Beispiel dafür, wie lebhaft die mechanisch erregte Wärmeempfindung werden kann, möchte ich folgendes Versuchsprotokoll ausführlich mitteilen (unwissentliches Verfahren).

Drei in ihren Haltern frei bewegliche Metallstäbe dienten zur Reizung. Wurden sie mit ihrer glatten Endfläche von 0,1 qcm auf die horizontal gelagerte Haut aufgesetzt, so kam nur ihr eigenes Gewicht von 15 g für die mechanische Wirkung in Betracht. Der eine Stab war in Wasser von 60° getaucht, der zweite in solches von 15°, vor dem Gebrauch wurde der betreffende Stab rasch abgetrocknet. Das Ende des dritten Stabes war mit einer Korkscheibe gleicher Fläche bedeckt. Auf die normale Haut aufgesetzt, unterschieden die drei Stäbe sich nur hinsichtlich ihrer thermischen Wirkung. Der eine erschien sehr warm, der zweite kalt, der dritte mit der Korkfläche als indifferent. Auf die Wärmepunkte der gestörten Stelle aufgesetzt, wurden folgende Urteile abgegeben:

27. II. 13. 9^{20}—9^{55}. Reizung der Wärmepunkte der gestörten Stelle.

	Warm	Kalt	Indifferent	
1	1			sehr warm
2			1	deutlich warm
3		1		auch warm
4		1		auch ganz deutlich warm
5			1	etwas weniger, bin nicht sicher
6			1	warm
7		1		warm, etwas deutlicher als das letzte Mal
8		1		noch wärmer
9			1	etwas warm
10			1	indifferent
11		1		sehr deutlich warm — 5 Minuten Pause
12	1			sehr warm
13		1		indifferent
14			1	sehr deutlich warm
15			1	warm, nicht so warm wie vorher, aber sicher warm
16		1		warm
17		1		anfangs etwas warm, dann indifferent
18			1	deutlich warm
19			1	noch wärmer
20		1		sehr warm
21		1		ganz deutlich warm, aber nicht so warm wie vorher
22			1	warm und dann indifferent
23			1	sehr deutlich warm
Übert.	2	10	11	

	Warm	Kalt	Indifferent	
Übert.	2	10	11	
24		1		warm und dann indifferent
25		1		wie vorher
26			1	sehr warm
27			1	sehr warm
28		1		warm, nicht ganz so warm wie zuletzt
29		1		etwas weniger warm, gerade noch warm
30			1	sehr warm
31			1	warm, sehr warm
32		1		deutlich warm, aber nicht so warm wie zuletzt
33		1		warm, aber nicht im Anfang der Berührung
34			1	deutlich warm
35			1	indifferent
36		1		sehr deutlich warm und solange als berührt war
37		1		noch wärmer
38			1	ganz deutlich warm
39			1	sehr warm
40		1		warm, aber nicht so warm wie vorher
41		1		sehr warm
42			1	ganz deutlich warm
43			1	warm, die beiden letzten Male ziemlich schwache Wärme
44		1		warm, so wie die letzten
45		1		warm, ziemlich schwach
46			1	indifferent, im Anfang vielleicht etwas warm
47			1	indifferent
48		1		etwas warm im Anfang, dann indifferent
49		1		deutlicher warm wie vorher
50			1	indifferent
	2	24	24	

Zählt man die Urteile »deutlich warm« und »sehr warm« in den beiden Reihen von je 24 Reizungen zusammen, so erhält man 12 solche Urteile bei Indifferent und 11 bei Kalt. Also sicher kein Einfluß auf die Stärke der Wärmeempfindung durch die Temperatur des Reizmittels. Daß der objektiv warme Reiz nur zweimal zur Anwendung gekommen war, darüber war ich nach Beendigung des Versuches sehr erstaunt, denn ich hatte geglaubt, daß jedesmal, wo ich »sehr warm« geurteilt hatte, ich mit dem erwärmten Stab berührt worden sei. Nach der 41. Reizung trat offenbar Ermüdung ein, die Wärmeempfindung wurde merklich

schwächer. So lebhaft wie auf der gestörten Hautfläche war die mechanisch bedingte Wärmeempfindung an anderen Körperstellen nicht; das ausschließliche Vorhandensein der Wärmepunkte auf der ganzen Hautpartie ist eben hier ein ganz besonders günstiger Umstand. Die Erregung der Wärmeempfindung mit Reizhaaren bis zu 10 g/mm gelang mir weder auf den Wärmepunkten der gestörten Stelle noch auf denen der normalen Haut. Dies Verhalten spricht auch für eine tiefere Lage der Wärmepunkte, die durch einen breitflächigeren und damit mehr in die Tiefe wirkenden Reiz leichter erregt werden.

Die Beobachtungen, die Rubin[1]) über seinen Versuch mit paradoxer Wärmeerregung mitgeteilt hat, konnte ich nicht bestätigen. Rubin gibt an, daß seine Versuchsperson bei Berührung einer von Kältepunkten freien Hautstelle mit einem Metallbehälter (0,5 cm Durchmesser) von 31,3—29,1° zunächst Wärmeempfindungen hatte. Bei weiterem Abkühlen des Behälters schwand diese Wärmeempfindung, trat aber bei 28,4° wieder auf und wurde bis zu 26,5° stärker, um dann bei niedereren Temperaturen wieder abzunehmen. Bei einer Wiederholung dieses Versuches mit einem Heizrohr gleicher Fläche, das auf die bezeichnete Stelle des Handrückens aufgesetzt wurde, habe ich ein solches Schwanken der Wärmeempfindung nicht bemerkt. Vielmehr blieb die schwache Wärmeempfindung, die bei Berührung des Behälters auftrat, konstant, als die Temperatur des Behälters allmählich von 31° auf 20° gebracht wurde. Nur dann machten sich Schwankungen geltend, wenn mehrmals nacheinander rasch gereizt und dann eine Pause gemacht wurde. Nach derselben wurde der erste Reiz als wärmer empfunden als die übrigen, was auf der raschen Ermüdbarkeit der Wärmepunkte beruht.

Nach allen diesen Tatsachen erscheint es mir als wahrscheinlich, daß bei der paradoxen Wärmeempfindung die mechanische Erregung der Wärmepunkte die wesentliche Rolle spielt. Wenn man bedenkt, wie gering eine Belastung von 6 g für eine Fläche von 0,5 cm Durchmesser ist, und daß bei einer Berührung der

1) l. c. S. 392.

Haut mit einem Heizrohr leicht ein solcher Druck oder selbst ein stärkerer ausgeübt wird, so wird verständlich, wie leicht die mechanische Wärmeerregung eine paradoxe Wärmeempfindung vortäuschen kann.

Trotter und Davies[1]) heben hervor, daß bei ihren Versuchen nach den Nervendurchschneidungen eine Abschwächung der Temperaturempfindung in der Weise sich kund gab, daß Reize, die heiß erscheinen sollten, nur warm empfunden wurden, und Reize, die sonst als kalt, hier als nur kühl empfunden wurden. Auf der gestörten Fläche meines Schenkels ist der Wärmesinn normal entwickelt. Es liegt die Schwelle für Wärmeempfindungen hier ebenso niedrig wie auf der normalen Haut der Umgebung. Von einer protopathischen Innervation dieses Gebietes in dem Sinne, in dem Head die veränderte Innervation des durchschnittenen Nervengebietes versteht, kann demgemäß bei meiner Hautstelle nicht die Rede sein. Es ist vielmehr die Innervation des Narbengewebes nur eine unvollständige und für die verschiedenen Sinnesqualitäten ungleichmäßige. Head versteht unter der protopathischen Sensibilität die Eigentümlichkeit der Haut, feinere Temperaturunterschiede nicht wahrzunehmen, sondern nur extreme, verbunden mit einer mangelhaften Adaptationsfähigkeit des Temperatursinnes. Ferner gehört zur Charakteristik derselben eine Veränderung in der Schmerzempfindung; der Schmerz ist ausstrahlend und schwer zu lokalisieren. Head nimmt an, daß diese unentwickelteren Funktionen an ein bestimmtes, primitiveres Nervensystem gebunden sind, welches erst nach längerer Zeit, zum Teil erst viele Jahre nach der Nervendurchschneidung, von dem vollkommener entwickelten, differenzierten, epikritischen Nervensystem ersetzt wird. Diesem kommt dann die Fähigkeit feinerer Temperaturunterscheidung mit Adaptation der Temperaturpunkte, Berührungsempfindlichkeit mit Erkennen von Simultanschwellen zu. Ein Gebiet am menschlichen Körper gibt es nach Head[2]) auch normalerweise, welches die protopathische Sensibilität unverändert beibehalten hat, das ist die glans penis.

1) S. 148.
2) Brain 31, S. 66.

Dieselbe ist, wie v. Frey[1]) festgestellt hat, ausgezeichnet durch das Fehlen der Druckpunkte, so daß also die Berührung mit Reizhaaren erst dann empfunden wird, wenn die Schmerzschwelle überschritten wird. Dabei ist der durch Druck ausgelöste Schmerz verschieden von dem, wie er auf anderen Stellen der normalen Haut auftritt, brennend, diffus und stark unlustbetont. Es fehlt die Erkennung von Tasteindrücken und der Schwellenwert des Temperatursinnes ist stark erhöht. Allerdings entspricht nach Goldscheider[2]) der Temperatursinn der Eichel doch nicht ganz dem, was Head von der protopathischen Sensibilität fordert, indem dort auch Temperaturen, die innerhalb der Grenze von 26—36° liegen, wahrgenommen werden.

Gegen die angebliche Eigentümlichkeit des Temperatursinnes, auf den veränderten Hautgebieten Temperaturen zwischen 26 und 36° nicht zu unterscheiden, und die daraus von Head abgeleitete Annahme eines besonderen protopathischen Nervensystems haben sich auch Trotter und Davies ausgesprochen. Sie betonen, daß, wenn bei Fortfall des epikritischen das protopathische System zuerst in Funktion sei, dasselbe auch seine volle Erregbarkeit entfalten und Temperaturen außerhalb der Grenzen von 26—36° gut erkennen lassen müsse. Trotter und Davies fanden aber, daß nach der Nervendurchschneidung zu der Zeit, wo Temperaturen unter 20° und über 40° nicht unterschieden werden konnten, wo also das protopathische Nervensystem hätte reagieren sollen, die Temperaturempfindlichkeit überhaupt in ihrer ganzen Breite herabgesetzt war, so daß alle Empfindungen abgeschwächt waren. Damit ist auch das Fehlen der Adaptation im protopathischen Gebiet gegeben und verständlich gemacht. Wenn Head als Beweis für das Fehlen der Adaptation die Tatsache anführt, daß die Berührung mit einem Kupferblock von 29° auf der normalen Hand als kalt, auf der verletzten aber weder als kalt noch als warm erschien, so ist das begreiflich, da ja in dem veränderten Gebiet die Temperaturpunkte auf Reize zwischen

1) M. v. Frey, Beiträge zur Sinnesphysiologie der Haut. Berichte a. d. Verhandl. d. Kgl. sächs. Ges. d. Wiss. II, 1895, S. 175.

2) Zeitschr. f. klin. Med., Bd. 74, S. 295.

26 und 36° nicht reagierten. Daraus aber zu schließen, daß die Adaptation von den Temperaturpunkten unabhängig sei, ist nicht berechtigt, worauf Goldscheider schon hingewiesen hat. Es läßt sich in der Tat auf der normalen Haut leicht nachweisen, daß die Temperaturpunkte die Träger der Adaptation sind.

Ich will hier auf den Begriff und die Tatsachen der Adaptation kurz eingehen, da gerade Goldscheider[1]) auf diese Frage hinweist und die Forderung aufstellt, man solle den Begriff der Adaptation für den Temperatursinn ganz fallen lassen, da er hier keine Gültigkeit habe. Dasjenige, was man gewöhnlich unter Adaptation des Temperatursinnes versteht, daß nämlich ein der nicht vorbehandelten Haut thermisch indifferent erscheinender Körper der abgekühlten Haut als warm, der erwärmten aber als kalt erscheint, dieser Vorgang läßt allerdings die eigentliche Bedeutung der Adaptation nicht hervortreten und beruht in erster Linie auf der Getrenntheit und Gegensätzlichkeit der zwei Nervenapparate für Wärme und Kälte. Der durch die vorausgehende Erwärmung auf einen höheren thermischen Gleichgewichtszustand gebrachten Haut entzieht der vorher thermisch nicht wirksame indifferente Körper natürlich Wärme und muß dadurch die Kältepunkte reizen. Daß die Wärmepunkte nicht mehr ansprechen auf Temperaturen, die bei normal adaptierter Haut noch Wärmeempfindung hervorrufen, ist eine Wirkung der vorausgehenden Wärmeadaptation, aber nicht die einzige. Wenn man von einer Adaptation des Auges spricht, so meint man damit, daß bei einer gewissen Dunkelheit das an das Dunkel gewöhnte Auge feinere Helligkeitsunterschiede wahrnehmen kann als das an die Helligkeit gewöhnte und umgekehrt. Genau die gleiche Bedeutung hat die Adaptation für den Temperatursinn. Es läßt sich durch einen einfachen Versuch zeigen, daß wir feinere Temperaturunterschiede wahrnehmen können, wenn wir an die betreffenden höheren oder niedereren Temperaturen adaptiert sind, als wenn dies nicht der Fall ist. Taucht man seine Hand durch 30 Sekunden in Wasser von 42°, dann rasch je eine Sekunde lang in Wasser

1) Zeitschr. f. klin. Med., Bd. 74, S. 284, und Bericht über d. V. Kongreß f. experiment. Psychologie 1912, S. 222 f.

von 48 und 50°, so läßt sich der Temperaturunterschied in den beiden letzten Gefäßen deutlich erkennen, dagegen ist die Unterscheidung nicht mehr sicher, wenn man den Versuch mit der anderen Hand macht, die vorher nicht in Wasser getaucht sondern an die Zimmertemperatur adaptiert war. Ich tauchte meine Hand dann 30 Sekunden in Wasser von 12°, trocknete sie rasch und tauchte sie je eine Sekunde in Wasser von 54 und 58°. In den beiden letzten Gefäßen erschien das Wasser als sehr warm, aber von gleicher Temperatur. Dann tauchte ich die Hand 30 Sekunden in Wasser von 45°, trocknete sie und brachte sie wieder in die beiden Gefäße von 54 und 58°. Das von 54° erschien als sehr **heiß,** das von 58° als deutlich noch **heißer.** Ganz das Entsprechende war bei den unteren Temperaturen der Fall, wo der Unterschied von 12 und 10° erst bei vorausgehender Adaptation an die Temperatur von 15° deutlich erkannt wurde. Daß die Temperatur von 54° der abgekühlten Hand als nur warm, der erwärmten aber als **heiß** erschien, beruht darauf, daß, wenn die Hautoberfläche stark abgekühlt ist, es eben längere Zeit bedarf, bis sie auf die höhere Temperatur gebracht werden kann. Deshalb erscheint diese im Anfang nur als warm, wird aber nach einiger Zeit auch als **heiß** empfunden. Ich sehe darin keine Herabsetzung der Empfindlichkeit, die der Adaptation entgegenwirke, wie dies Goldscheider[1]) tut, wenn er sagt: »Mit zunehmender künstlicher Veränderung der Hauteigentemperatur wächst von einer gewissen Grenze ab die Herabsetzung der Empfindlichkeit ziemlich plötzlich. Wenn ich den Finger in Wasser von 35° C tauche und dann in solches von 30°, so empfinde ich Kühle; diese wächst bei 36—39°. Dann jedoch, bei 40°, tritt eine ganz deutliche Verminderung der Kälteempfindung ein und bald hört dann die Fähigkeit der Kälteempfindung ganz auf.« Der in sehr heißes Wasser getauchte Finger hat natürlich einen stärkeren Schutz vor der Herabsetzung seiner Temperatur als der in weniger heißes Wasser getauchte, der darum die Kälte stärker empfindet. Würde es sich hierbei aber wirklich um eine Herabsetzung der Empfindlichkeit durch die künstliche Veränderung der Hauteigentemperatur

1) Zeitschr. f. klin. Med., Bd. 74, S. 285.

handeln, so müßte diese Empfindlichkeitsherabsetzung auch bei Veränderungen der Temperatur in der gleichen Richtung wirken. Es müßte die in Wasser von 45° getauchte Hand Temperaturunterschiede von 54 und 58° schlechter erkennen als die nicht künstlich auf eine so hohe Temperatur gebrachte Hand; das ist aber nicht der Fall. Je entfernter die Ausgangstemperatur von der zu vergleichenden liegt, desto weniger werden Unterschiede erkannt, da eben die Adaptation fehlt. Goldscheider[1]) kommt zu dem Resultat, daß die Adaptation des Temperatursinnes eine sehr unvollkommene sei. »Der Temperatursinn der Haut paßt sich an die Veränderungen seiner Eigentemperatur nicht mit Erhaltung seiner normalen Reizbarkeit an — was man streng genommen unter Adaptation zu verstehen hätte —, vielmehr ist der Verlust derselben so groß, daß man nur sehr bedingt von einer Anpassung sprechen kann.« Ich finde, daß vielmehr das Gegenteil der Fall ist und die Adaptation eine sehr gute genannt werden kann. Es braucht nicht lange, bis man an höhere oder niedrigere Temperaturen adaptiert ist, um feinere Unterschiede im Steigen oder Sinken derselben zu erkennen, was ohne eine Adaptation an die betreffenden Temperaturen gar nicht möglich wäre.

Außer der mangelnden Adaptationsfähigkeit und der Unmöglichkeit, Temperaturen zwischen 26 und 36° zu unterscheiden, bleibt nach der Ansicht von Head noch die Besonderheit der Schmerzempfindung als für die protopathische Sensibilität charakteristisch übrig. Aber auch diese Andersartigkeit der Schmerzempfindung, mehr diffus und stärker unlustbetont zu sein als auf normal empfindlicher Haut, scheint mir kein Beweis für ein verborgenes, unter normalen Verhältnissen in seiner Funktion unterdrücktes Nervensystem zu sein. Der Schmerz, der auf protopathischem Gebiet mit einem spitzen Instrument hervorgerufen wird, und der nicht als punktförmiger sondern als diffuser, bohrender Schmerz sich geltend macht, ist offenbar ähnlich einer nicht durch Schmerzpunkte ausgelösten tiefen Schmerzempfindung, die auch auf der normalen Haut, allerdings mit höherer

1) S. 285.

Schwelle, zur Wahrnehmung gebracht werden kann. Ich konnte, wie oben beschrieben, auf der normalen Haut Schmerz hervorrufen von gleicher Art wie auf der gestörten Stelle, wenn ich mit einer feinen Nadel die Epidermisschicht durchdrang und, nachdem der kurze Stichschmerz vorüber war, eine stärkere Belastung auf die Nadel einwirken ließ, ebenso auch durch starke konstante Ströme und durch die dickeren Thunbergschen Reizlamellen. Ähnliche dumpfe Schmerzen entstehen auch bei Druck auf den Augapfel oder den Hoden. Zur Erklärung der niederen Schwelle für den Schmerz im Stadium der Regeneration nach Nervendurchschneidung verweist v. Frey[1]) auf die Wahrscheinlichkeit veränderter Ausbreitungsbedingungen, die in zentralen Abschnitten der Leitungsbahnen auftreten. Bei mangelnder Ausheilung einer Nervenwunde, wie in meinem Falle, können auch trophische Veränderungen des Gewebes in Frage kommen.

Jedenfalls spricht das alles dafür, daß zur Erklärung der Empfindungen, die Head als protopathische bezeichnet, ein besonderes anatomisch und physiologisch von dem bisher bekannten verschiedenes Nervensystem nicht angenommen werden muß.

Der Drucksinn.

Dasselbe Gebiet, das keine Schmerz- und Kältepunkte enthält, ist auch frei von Druckpunkten. In der Umgebung sprechen die Druckpunkte auf Reizhaare von 1—2 g/mm an. Auf der gelähmten Stelle ruft dagegen die Berührung mit einem Reizhaar keine Empfindung hervor, selbst dann nicht, wenn Haare von dem Spannungswert 40 g/mm zur Anwendung kommen. Das Aufsetzen eines Fingers jedoch oder eines Bleistiftes wird gut wahrgenommen und nicht anders als auf der normalen Haut empfunden. Jedoch tritt bei Verstärkung der einwirkenden Belastung auf der gelähmten Stelle bald ein andersgearteter diffuser Druck auf, der schwer zu lokalisieren, anschwellend und mit der Neigung behaftet ist, in jenen früher geschilderten dumpfen

1) The distribution of afferent nerves in the skin. Journ. of the American Medical Association 1906, 1. Sept., S. 648.

Schmerz überzugehen, der besonders unlustbetont und lange nachwirkend ist.

Auch Head beobachtete bei seinen rezeptorisch gelähmten Hautstellen, daß die v. Freyschen Reizhaare ganz unwirksam blieben, dagegen das Aufsetzen von stumpfen Gegenständen, Fingern usw., wahrgenommen und richtig lokalisiert wurde. Es konnte ferner an diesen Stellen die Rauhigkeit des über die Haut bewegten Gegenstandes gut erkannt werden. Die Sukzessivschwelle war im Vergleich mit normalen Hautstellen vergrößert. Aus diesen Erfahrungen und aus dem Fehlen der Druckpunkte folgert Head[1]), daß ein tiefer Drucksinn der Träger der genannten Leistungen sein müsse. Demgegenüber hat v. Frey[2]) darauf hingewiesen, daß Heads Ansicht einer falschen Deutung seiner Versuchsergebnisse entsprungen sei, daß er mit Unrecht alle diese Fähigkeiten der Lokalisation, der Rauhigkeitswahrnehmung, der Sukzessivschwelle, dem tiefen Drucksinn zuschreibe. Von Frey hat dies dadurch erwiesen, daß er auf eine druckgelähmte Hautstelle eine kleine Scheibe aufklebte und meßbare Kräfte das eine Mal drückend, das andere Mal ziehend darauf einwirken ließ. Er fand die Schwellen für die beiden Arten der Erregung gleich, aber deutlich höher als auf der normalen Haut. Auch konnte er dabei das Übergreifen der Deformation von der gelähmten Stelle auf die benachbarte Haut gut beobachten und schließt daraus und aus der Überlegung, daß bei Zugwirkung auf die Haut tiefliegende Organe nicht beteiligt sein können, daß die Wahrnehmung des Druckes auf der druckgelähmten Stelle nicht dem tiefen Drucksinn sondern der Druckempfindlichkeit der benachbarten normalen Haut zuzuschreiben sei. Herr Professor v. Frey führte auch an meiner anästhetischen Hautstelle mehrere solche Versuche aus, deren Zweck die Feststellung der Schwelle für Druck und Zug war und ihrer Beziehung zur Mitbeteiligung der benachbarten Haut.

An dem langen Arme eines horizontal gestellten, äquilibrierten Hebels war (20 cm von der Achse) ein kurzer Strohhalm, senk-

1) Brain 31, S. 33.

2) v. Frey, Ergebnisse der Physiologie 1913, Bd. 13 S. 118 f.

recht nach unten gerichtet, befestigt, dessen unteres Ende (1 qmm Querschnitt) mit Fischleim auf die Haut aufgeklebt wurde. Zu beiden Seiten der Achse und in gleicher Entfernung von ihr (10 cm) waren Korkscheibchen auf den Hebel geklebt, die zum Aufsetzen von Gewichten gleicher Größe dienten. Die Gewichte waren mit Häkchen versehen, so daß sie mittels einer an einem Stäbchen befestigten Schlinge rasch abgehoben werden konnten. Wurde nun das dem Strohhalm benachbarte Gewicht abgehoben, so kam die Wirkung des anderen Gewichtes als Zug zur Geltung, wurde aber letzteres abgehoben, so kam die gleichstarke Wirkung des dem Strohhalm benachbarten Gewichtes als Druck zur Geltung. Ich führe hier eines der Versuchsprotokolle als Beispiel an.

18. I. 13 9^{15}. Strohhalm auf der Mitte der gelähmten Stelle aufgeklebt. Durchmesser des Strohhalms = 1,2 mm, Fläche = 1,13 qmm.

Druck g	Zug g	
1,5		nichts gefühlt
2		nichts
3		ja, schwach
	3	ja, etwas stärker, kann nicht sagen ob Druck oder Zug
4		ja, wie Druck, ganz deutlich
	4	etwas stärker auch wie Druck
3		kaum gefühlt, ganz schwache Empfindung der Berührung
	3	etwas stärker wie vorher, mehr wie Druck
3		ja, deutlich
3		noch stärker und wie Druck
	3	etwas schwächer, jetzt vielleicht Zug
2		schwache Empfindung, kann nicht entscheiden, ob Druck o. Zug
	2	etwas stärker, war Druck
	2	nichts
	2	nichts
	2	nichts
2		ganz schwach, Zug glaube ich
	2	ja, vielleicht etwas stärker, war wie Druck
	2	ja, ziemlich schwach, wie Druck
2		unsicher
2		ja, Druck denke ich
	2	ganz schwache Empfindung, vielleicht Zug, aber sehr schwach
1,5		ja, leichter Druck
	1	nichts
1		nichts
30	28	

Es zeigt sich hier deutlich die Unmöglichkeit, schwache Druck- und Zugempfindungen subjektiv mit einiger Sicherheit zu unterscheiden, was bereits durch die Versuche von v. F r e y[1]) bekannt ist. Die Zugempfindung ist der Druckempfindung gegenüber in geringem Grade bevorzugt im Gegensatz zu der identischen Schwelle für Druck und Zug auf der normalen Haut, die v. F r e y s Versuche ergeben haben. Es ist dies vielleicht darauf zurückzuführen, daß beim Zug auf der gestörten Stelle eine größere Partie der umgebenden Haut mitbeteiligt wird als beim Druck, immerhin ist der Unterschied nur ein ganz geringer. Der Fortschritt der Übung in der Wahrnehmung ebenmerklicher Empfindungen kommt auch in diesem Protokoll zur Geltung, indem im Anfang der Druck von 2 g nicht, später aber fast regelmäßig empfunden wird. Als Mittelwert für Druck und Zugschwelle ergibt sich 2 g.

Wird der Strohhalm näher der Grenze der normalen Haut, z. B. 3 mm ober dem distalen Ende der gelähmten Stelle aufgesetzt, so sinkt dementsprechend der Schwellenwert auf 1,5 g; auf der normalen Haut der Umgebung beträgt er 1 g. Hieraus folgt sehr deutlich die Abhängigkeit der Druckempfindlichkeit auf der gelähmten Stelle von der Nähe des Reizortes zur normalen Haut, auf deren Mitbeteiligung die Empfindung überhaupt zurückzuführen ist. Dafür spricht auch folgende Beobachtung: Ein Reizhaar von dem Spannungswert 10 g/mm bleibt beim Aufstoßen in senkrechter Richtung auf einen Punkt der gelähmten Stelle in der Nähe der Grenze völlig unwirksam, dagegen ist eine Empfindung auszulösen, wenn in schräger Richtung gegen denselben Punkt gestoßen wird, wodurch eben eine Verschiebung der Haut und somit eine Fortpflanzung der Stoßwirkung auf die normale benachbarte Haut ermöglicht wird.

Damit ist auch die Wahrnehmung der Rauhigkeit erklärt, da ja rauhe Körper bei ihrer Bewegung über die Haut Verschiebungen derselben, mithin Fortpflanzung der mechanischen Erregung hervorrufen. Es ist dadurch H e a d s Ansicht als unrichtig erwiesen, daß nicht die Sinnespunkte sondern der tiefe

1) Ber. Ges. f. Wiss. Leipzig 1897, S. 464.

Drucksinn die Wahrnehmung der Rauhigkeit vermitteln, ja, daß diese sogar besonders deutlich werde, wenn die störende Erregung der Druckpunkte fortfällt.

H e a d[1]) führt endlich noch folgende Tatsache an zur besonderen Bekräftigung seiner Ansicht, daß die Druckempfindung, die auf einer für Berührungen unempfindlichen Hautstelle zur Wahrnehmung gelange, auf einer Erregung des tiefen Drucksinnes beruhe. Er fror das Gebiet seines Handrückens, das für die Berührung mit Reizhaaren unempfindlich war, mit Chloräthyl durch und fand gleichwohl, daß der Druck ebenso wie vorher empfunden wurde und daß hinsichtlich der Art der Empfindung kein Unterschied bestand zwischen den gefrorenen und den umgebenden Hautpartien. Daraus folgert H e a d , daß der Träger dieser Empfindungen ein unter der Haut liegender Nervenapparat sein müsse, und zwar nimmt er hierfür vor allem die von S h e r r i n g t o n entdeckten afferenten Muskelnerven an. Daß dieser Schluß indes falsch und die Durchfrierung der gelähmten Hautpartie nur günstig sei für die Übertragung der Deformation auf die benachbarte normale Haut, hat v. F r e y[2]) hervorgehoben. Geht man von der Auffassung aus, daß die gelähmte Stelle ihre Druckempfindlichkeit und ihr Lokalisationsvermögen der umgebenden normalen Haut verdankt, so muß man erwarten, daß nicht die Durchfrierung der gelähmten Hautstelle, sondern die ihrer normalen Umgebung die Druckwahrnehmung auf der gelähmten Stelle herabsetzt. Folgender Versuch gibt einen klaren Beweis für die Richtigkeit dieser Überlegung.

Es wurde am 10. II. 1913 in der oben beschriebenen Weise die Schwelle für die Druckempfindlichkeit der gelähmten Stelle bestimmt, wobei der Halm auf der Mitte der Fläche aufgeklebt war. Darauf wurde mit 2 Röhrchen Chloräthyl (30 g) die umgebende Haut in einer Breite von 3—5 cm durchfroren, so daß die gelähmte Fläche vollständig von einem Ring durchfrorener Haut eingeschlossen war. Nunmehr wurde die Druckschwelle wieder an derselben Stelle wie vorher bestimmt.

1) Brain 31, S. 35.
2) Ergebnisse der Physiologie S. 119.

Zeit	Druck in g	
		Vor der Durchfrierung:
8^{42}	4	ja
	3	ja
	2	ja, schwach
	1	nichts
	1,5	ja
	1	nein
	1	nein
		Nach der Durchfrierung:
9^{00}	4	nichts
	5	nichts
	10	nichts
	25	ja, scheint schwerer Druck zu sein
	25	ja
	10	nichts
9^{03}	10	nichts
9^{04}	10	ganz schwache Druckempfindung
9^{05}	4	nichts
9^{06}	5	ganz unsicher, ob eine Empfindung vorhanden war
	5	nein
	10	ja
9^{07}	5	möglich, bin aber nicht sicher
	5	ja, ganz schwach
9^{08}	5	nichts — die Stelle rötet sich, Wärmegefühl
9^{09}	5	nichts
9^{10}	5	ja, ganz schwach
9^{11}	5	ja, etwas stärker
9^{12}	4	ja
9^{13}	3	ja, deutlicher — Empfindung des Brennens tritt auf
9^{14}	2	ja, schwächer wie vorher
9^{15}	1,5	nein
9^{16}	1,5	ja
	1	ja, ganz schwach
9^{17}	1	nein
	1	nein
9^{18}	1	nein

Aus diesem Versuch geht hervor, daß man nur die umgebende normale Haut auszuschalten braucht, um auch auf der gelähmten Stelle keine Druckempfindungen mehr mit den gewöhnlichen, sonst wirksamen Druckreizen zu bekommen. Die anästhesierende Wirkung des Chloräthyls ist hier ziemlich lang anhaltend und

überdauert Kälte und Gefrierwirkung infolge seiner narkotisierenden Eigenschaften, die es beim Eindringen in die Haut entfaltet. Überhaupt war die Einwirkung des Chloräthyls eine sehr intensive, was sich auch in der nachträglich eintretenden Schwellung und Blasenbildung der gefrorenen Hautpartie zeigte. Nach 13 Minuten, wo die Empfindung des Brennens auftritt, erscheint offenbar im Zusammenhang mit der Hyperämie ein rasch vorübergehendes Stadium der Übererregbarkeit, da nun sogar 1 g wirksam wird, während vor der Durchfrierung 2 g als Druckschwelle ermittelt worden waren.

Die Druckempfindlichkeit auf dem dauernd anästhetischen Gebiet nimmt also entsprechend der Wiederkehr der Empfindlichkeit auf dem künstlich anästhesierten Gebiet wieder zu. Sehr beachtenswert ist, daß die Schwelle zwischen 10 und 25 g im Augenblick der stärksten Anästhesie dem Schwellenwert für Druck auf der gelähmten Hautstelle bei Herrn Professor v. Frey entspricht, denn die Breite seiner gelähmten Stelle entspricht der Breite meiner künstlich anästhesierten Hautpartie. Daraus folgt, daß die Herabsetzung der Druckempfindlichkeit auf sensibel gelähmten Hautstellen ungefähr proportional ist der Größe des gelähmten Gebietes. Das wäre ganz unverständlich, wenn die Erregungen aus der Tiefe kämen.

Daß es gleichwohl tiefe Erregungen gibt, soll damit keineswegs in Abrede gestellt werden. Der schon beschriebene diffuse, schwer lokalisierbare und lang nachwirkende dumpfe Druckschmerz, der sich auf gestörten Hautstellen besonders leicht auslösen läßt, hat nichts zu tun mit den Druckempfindungen, die, wie soeben gezeigt, von der Übertragung der Deformation auf die benachbarte Haut abhängig sind. Vielmehr ist diese dumpf schmerzhafte Empfindung offenbar eine für pathologisch veränderte Hautgebiete besonders charakteristische Sensation, die ihre Erregung von tieferliegenden Organen ableitet. Trotter und Davies[1]) beschreiben einen »static contact«, der anscheinend identisch ist mit diesem diffusen Druckschmerz. Sie be-

1) Journ. of Physiol. 38, S. 158.

zeichnen als seine Hauptmerkmale seine Dumpfheit und Unbestimmtheit hinsichtlich des Ortes und der Form des Reizobjektes sowie seine Eigenart mit der Dauer der Einwirkung noch zuzunehmen. Ihm stellen sie den »moving contact« gegenüber, die Berührungsempfindung, die entsteht, wenn mit einem Reizhaar ein Punkt der Haut berührt wird. Diese Berührung ist leicht, gut lokalisierbar, läßt die Form des Reizobjektes erkennen und tritt außerdem nur im Augenblick der Berührung oder des Wiederaufhörens derselben auf, ist somit auch keiner Steigerung in der Stärke der Empfindung fähig. Diese beiden Empfindungen, die durch leise Berührung eines Punktes einerseits und durch stärkere Belastung einer größeren Fläche anderseits entstehen, fassen Trotter und Davies als zwei qualitativ verschiedene Arten von Empfindungen auf, zwischen denen es keine quantitativen Übergänge gibt, und trennen beide noch von den Empfindungen des tiefen Drucksinnes. Was zunächst das ausschließliche Auftreten der Berührungs-, d. h. der kleinflächigen Druckempfindung im Augenblick der Belastung oder der Entlastung betrifft, so ist dies wie bei allen schwachen kleinflächigen Reizen lediglich eine Folge der Anpassung an den Reiz[1]), das ist also nichts für den »moving contact« Charakteristisches; bei allmählich stärker werdender Belastung wächst dann auch die Dauer der Empfindung. Ferner ist es ganz unmöglich, bei Schwellenbestimmungen die Berührung mit einem Reizhaar zu unterscheiden von einer ebenmerklichen Druck- oder Zugempfindung, und von dieser aus gibt es dann mit der steigenden Belastung ein ebenso stetiges und kontinuierliches Anwachsen der Druckempfindung. Es handelt sich hier nur um quantitative Abstufungen, wie durch vielfache vergleichende Feststellungen bekannt ist, wenngleich eine psychologische Unterscheidung Berechtigung hat.

Der »static contact« dagegen als »diffuser« Druck ist überhaupt gar nicht mit dem Druck auf der normalen Haut auf eine Stufe zu stellen, wie dies Trotter und Davies tun, denn er ist eine aus der Tiefe kommende Sensation, die für pathologisch

1) v. Frey, Abh. d. Ges. d. Wiss. Leipzig 1896, S. 177.

innervierte Hautgebiete charakteristisch und hier besonders leicht auslösbar ist. Von F r e y[1]) hebt hervor, daß der »static contact« von den auf normaler Haut auslösbaren Empfindungen am meisten Ähnlichkeit habe mit dem dumpfen Schmerz, der entsteht, wenn eine größere Hautfalte gedrückt wird. Ich konnte das leichte Übergehen des diffusen Druckes in den unlustbetonten dumpfen Schmerz oft beobachten, der ja gleichfalls in die tieferen Gewebsschichten zu lokalisieren ist. Jedenfalls beweist die Verschiedenheit des »static contact«, des diffusen Druckes, von dem »moving contact«, der Berührungsempfindung, nichts für eine qualitative Verschiedenheit von Berührungs- und Druckempfindung auf normaler Haut.

Die Erscheinung der sog. Referred Sensation, darin bestehend, daß eine Empfindung nicht nur an dem Ort der Reizung, sondern gleichzeitig noch an einer anderen Stelle auftritt, ist bei mir innerhalb der gelähmten Stelle selbst nicht vorhanden. Dagegen tritt bei leichtem Streichen mit dem Finger über die normale Haut oberhalb der verletzten Stelle eine schwirrende Empfindung auf, ein leichtes und etwas ans Unangenehme grenzendes Kriebelgefühl, das in dem verletzten Hautgebiet und an einem Punkt der normalen Haut etwa 2 cm nach unten und lateral von der verletzten Stelle wahrgenommen wird. Bei stärkeren Reizen fehlt diese Empfindung.

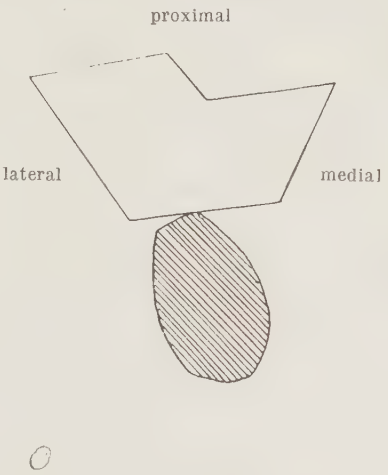

Fig. 5.
Das leere eckige Feld bezeichnet die Stelle, von der Kriebeln ausgelöst werden kann, das nach dem schraffierten (gelähmten) und punktierten Felde verlegt wird.

In Fig. 5 stellt die eckig umrandete leere Figur das Gebiet dar, von dem aus das Kriebelgefühl ausgelöst werden kann, wäh-

1) l. c. Ergebnisse der Physiologie S. 104—106.

rend von den beiden Orten, an die es verlegt wird, die gelähmte Stelle schraffiert, die normale punktiert ist.

Man wird diese Erscheinung ebenso wie die Referred Sensation einerseits erklären können aus falschen Verbindungen, die die neu sich bildenden Nerven eingehen, anderseits aber auch aus spinalen Reizzuständen, denen zufolge die Nerven, welche das verletzte Hautgebiet versorgen, mit ansprechen bei Reizung eines ihnen benachbarten Nerven.

Zusammenfassung.

Die Untersuchung einer durch Verletzung in Narbengewebe umgewandelten Hautstelle ergibt, daß dieselbe eine im Vergleich zur normalen Haut höchst unvollständige Innervation besitzt. Nur die Wärmepunkte sind gut entwickelt, Kälte- und Druckpunkte dagegen gar nicht vorhanden, Schmerzpunkte nur ganz vereinzelt. Stichschmerzen auszulösen gelingt ausschließlich an diesen Schmerzpunkten, sonst auf keinem Flächenteil. Dagegen läßt sich der sog. dumpfe Schmerz sowohl durch mechanische wie durch elektrische Reizung überall auslösen. Dabei ist die Schwelle für diesen Schmerz erheblich niedriger als auf der normalen Haut und es zeigt sich, daß bei mechanischer Reizung zur Auslösung der Schmerzempfindung ein um so größerer Druck nötig ist, je kleinflächiger das Reizmittel ist, da eben der dumpfe Schmerz auf einer Tiefenwirkung beruht. Hitzeempfindung läßt sich durch keine Temperaturen erzeugen, denn wegen des Fehlens der Kältepunkte können die für die Hitzeempfindung charakteristischen Kälteempfindungen nicht auftreten. Die Empfindung des Brennendheißen wird nur an den Stellen der Schmerzpunkte wahrgenommen. H e a d s Ansicht, daß die Adaptation nicht an die Temperaturpunkte gebunden sei, sondern an die dazwischen liegenden temperaturempfindlichen Hautstellen, entbehrt der genügenden Begründung ebenso wie seine Hypothese von dem protopathischen Nervensystem, das nach Nervenverletzungen im ersten Stadium der Regeneration die Sinnesfunktionen vermittle. Vor allem ist der charakteristische unlustbetonte Schmerz, der

dem protopathischen Gebiet eigen sein soll, eine dem dumpfen Schmerz auf der normalen Haut analoge Sensation. Daß die Druckempfindungen auf dem für Berührungsreize anästhetischen Gebiet nicht dem tiefen Drucksinn zuzuschreiben sind, wie H e a d annimmt, wird durch ihre relativ hohe Schwelle sowie damit bewiesen, daß die Umgebung der anästhetischen Hautstelle von einer Mitbeteiligung an der Erregung ausgeschaltet wird. Dadurch erhöht sich die Schwelle auf dem unempfindlichen Gebiet um mehr als das 10 fache. Die scharfe Trennung von Berührung und Druck, zu der T r o t t e r und D a v i e s durch ihre Versuche mit Nervendurchschneidungen kommen, wird zurückgeführt auf die falsche Deutung der bei pathologisch veränderten Hautgebieten besonders leicht auslösbaren Empfindungen dumpfen Schmerzes, die durch tiefliegende Nerven vermittelt werden. Für die normalen Sinnesempfindungen ist eine funktionelle Scheidung von Berührung und Druck unzulässig.

Lebenslauf.

Ich, Friedrich Hacker, bayerischer Staatsangehörigkeit, bin am 8. Februar 1888 geboren zu Reichenhall als Sohn des Kgl. prot. Pfarrers Theodor Hacker in Amberg und wohne zurzeit in Würzburg.

Nach Besuch der Volksschule und des Gymnasiums in Bayreuth, Amberg und Nürnberg erwarb ich mir am 7. Juli 1907 das Reifezeugnis am alten Gymnasium in Nürnberg.

Hierauf besuchte ich die Universitäten Straßburg 1, Würzburg 3, Bonn 4, München 1, Bonn 1, Greifswald 1 Semester.

In Bonn promovierte ich als Doktor der Philosophie mit einer psychologischen Arbeit »Systematische Traumbeobachtungen« bei Professor Külpe. Die ärztliche Prüfung habe ich an der Universität Greifswald am 23. Dezember 1912 abgelegt. Seitdem bin ich als Medizinalpraktikant am physiologischen Institut der Universität Würzburg. Vorstehende Dissertation habe ich unter Leitung des Herrn Professor v. Frey abgefaßt.

Würzburg, den 25. Februar 1913.